

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Internationales Einheitensystem</b> .....	11	3.9	Reibungskräfte .....	42
1.1	Basisgrößen und Basiseinheiten .....	11	3.10	Federkraft .....	42
1.2	Wichtige Größen und Einheiten der Technik .....	14	3.11	Zentripetal- und Zentrifugalkraft .....	43
1.3	Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten .....	18	3.12	Drehmoment .....	43
<b>2</b>	<b>Mathematik</b> .....	19	3.13	Hebelgesetz .....	44
2.1	Addition .....	19	3.14	Auflagerkräfte .....	44
2.2	Subtraktion .....	19	3.15	Mechanische Arbeit und Energie .....	45
2.3	Multiplikation .....	20	3.16	Mechanische Leistung .....	46
2.4	Division .....	20	3.17	Wirkungs- und Arbeitsgrad .....	46
2.5	Potenzieren .....	21	3.18	Riementriebe .....	47
2.6	Radizieren .....	21	3.19	Zahnradtriebe .....	48
2.7	Logarithmieren .....	22	3.20	Schneckentrieb .....	49
2.8	Flächenberechnungen .....	23	3.21	Rollen und Flaschenzüge .....	49
2.9	Körperberechnungen .....	27	3.22	Schiefe Ebene .....	50
2.10	Spulenberechnungen .....	31	3.23	Zug- und Druckbeanspruchung .....	51
2.11	Lehrsatz des Pythagoras für das rechtwinklige Dreieck .....	32	<b>4</b>	<b>Mechanik der Flüssigkeiten</b> .....	53
2.12	Lehrsatz des Pythagoras für das allgemeine Dreieck .....	32	4.1	Kolbendruck und Kompressibilität .....	53
2.13	Kathetensatz .....	33	4.2	Druckwandlung .....	53
2.14	Höhensatz .....	33	4.3	Druckausbreitung .....	53
2.15	Strahlensatz .....	34	4.4	Hydrostatischer Druck .....	54
2.16	Winkelmaße .....	34	4.5	Auftrieb .....	55
2.17	Festlegung der Winkelfunktionen .....	35	<b>5</b>	<b>Wärmelehre</b> .....	57
2.18	Sinus- und Cosinussatz .....	35	5.1	Temperatur .....	57
2.19	Lösung von Gleichungen .....	36	5.2	Längenausdehnung von festen Stoffen bei Erwärmung .....	57
<b>3</b>	<b>Mechanik fester Körper</b> .....	37	5.3	Flächenausdehnung von festen Stoffen bei Erwärmung .....	58
3.1	Dichte .....	37	5.4	Volumenausdehnung von festen Stoffen und Flüssigkeiten bei Erwärmung .....	58
3.2	Masse und Gewichtskraft .....	37	5.5	Volumenausdehnung von Gasen bei Erwärmung und Zustandsgleichung für das ideale Gas .....	59
3.3	Geschwindigkeit bei gleichförmiger Längsbewegung .....	38	5.6	Wärmemenge .....	60
3.4	Gleichmäßig beschleunigte Längsbewegung .....	38	5.7	Wärmeausgleich .....	60
3.5	Geschwindigkeit bei gleichförmiger Drehbewegung .....	39	5.8	Änderung der Aggregatzustände .....	61
3.6	Dynamisches Grundgesetz .....	39			
3.7	Zusammensetzen von Kräften .....	40			
3.8	Zerlegen von Kräften .....	41			

5.9	Wärmeleitung	61	7.9	Reihenschaltung von Kondensatoren	84
5.10	Luftfeuchtigkeit	61	7.10	Elektrische Energie	85
<b>6</b>	<b>Gleichstromkreise</b>	62	7.11	Auf- und Entladen von Kondensatoren	85
6.1	Spannung, Strom und Widerstand	63	7.12	Kapazität und Temperatur	86
6.2	Widerstand und Abmessungen	63	<b>8</b>	<b>Magnetisches Feld und Spule</b>	87
6.3	Widerstand und Temperatur	64	8.1	Durchflutung und magnetische Feldstärke	87
6.4	Gesetzmäßigkeiten der Reihenschaltung von Widerständen	64	8.2	Magnetischer Fluuss und magnetische Flussdichte	87
6.5	Grafische Behandlung der Reihenschaltung	65	8.3	Zusammenhang zwischen magnetischer Flussdichte und Feldstärke	88
6.6	Gesetzmäßigkeiten der Parallelschaltung von Widerständen	66	8.4	Magnetischer Widerstand und Leitwert	89
6.7	Grafische Behandlung der Parallelschaltung	67	8.5	Durchflutungsgesetz	89
6.8	Erweiterte Reihenschaltung	68	8.6	Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	90
6.9	Erweiterte Parallelschaltung	69	8.7	Kraft zwischen stromdurchflossenen parallelen Leitern	90
6.10	Knotenpunktregel	70	8.8	Haltekraft von Magneten	91
6.11	Maschenregel	70	8.9	Induktion durch Flussänderung	91
6.12	Dreieck-Stern-Umwandlung	71	8.10	Induktion durch Bewegung	91
6.13	Stern-Dreieck-Umwandlung	71	8.11	Selbstinduktion	92
6.14	Spannungsteiler	72	8.12	Magnetische Energie	92
6.15	Elektrische Leistung	72	8.13	Ein- und Ausschalten von Spulen an Gleichspannung	93
6.16	Elektrische Arbeit	73	<b>9</b>	<b>Elektrochemie</b>	95
6.17	Preis der elektrischen Energie	73	9.1	Spannungsreihe	95
6.18	Wirkungsgrad	74	9.2	Elektrolyse	95
6.19	Wärmearbeitsgrad	74	9.3	Ladungsmengen- und Arbeitsgrad	96
6.20	Reihenschaltung von Spannungsquellen	75	<b>10</b>	<b>Wechselstromtechnik</b>	97
6.21	Parallelschaltung von gleichen Spannungsquellen	75	10.1	Grundgrößen	97
6.22	Spannungsquellen mit Reihen-Innenwiderstand bei Belastung (Ersatzspannungsquelle)	76	10.2	Induktivität	97
6.23	Spannungsquellen mit Parallel-Innenwiderstand bei Belastung (Ersatzstromquelle)	77	10.3	Reihenschaltung von Induktivitäten ohne gegenseitige Kopplung	98
<b>7</b>	<b>Elektrisches Feld und Kondensator</b>	79	10.4	Parallelschaltung von Induktivitäten ohne gegenseitige Kopplung	99
7.1	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	79	10.5	Kapazität	100
7.2	Elektrischer Ladungsbelag	79	10.6	Reihenschaltung von Kapazitäten	101
7.3	Elektrische Ladungsbedeckung (Flächenladungsdichte)	80	10.7	Parallelschaltung von Kapazitäten	102
7.4	Elektrische Raumladungsdichte	80	10.8	Reihenschaltung von Wirkwiderstand und Induktivität	103
7.5	Elektrische Feldstärke	81	10.9	Reihenschaltung von Wirkwiderstand und Kapazität	104
7.6	Kraft zwischen elektrischen Ladungen	81	10.10	Parallelschaltung von Wirkwiderstand und Induktivität	105
7.7	Kapazität und Ladungsmenge	82	10.11	Parallelschaltung von Wirkwiderstand und Kapazität	106
7.8	Parallelschaltung von Kondensatoren	84			

10.12	Reihenschaltung von Wirkwiderstand, Induktivität und Kapazität	107	<b>13</b>	<b>Transformatoren</b>	131
10.13	Parallelschaltung von Wirkwiderstand, Induktivität und Kapazität	108	13.1	Hauptgleichung	131
10.14	Reale Spule	109	13.2	Übersetzungen beim idealen Einphasen-Transformator	131
10.15	Realer Kondensator	110	13.3	Spannungsübersetzung beim idealen Drehstrom-Transformator	132
10.16	Reihenschaltung von zwei realen Spulen	111	13.4	Leistungen	132
10.17	Parallelschaltung von zwei realen Spulen	112	13.5	Idealer Spartransformator	133
10.18	Reihenschwingkreis bei Resonanz	113	13.6	Kurzschlussspannung und Kurzschlussströme	134
10.19	Parallelschwingkreis bei Resonanz	113	13.7	Verluste, Wirkungsgrad und Arbeitsgrad	134
10.20	Blindleistungskompensation	115	13.8	Lastverteilung beim Parallelbetrieb	135
10.21	LR-Tiefpaß und RC-Tiefpaß	116	<b>14</b>	<b>Umlaufende elektrische Maschinen</b>	137
10.22	LC-Tiefpaß	117	14.1	Drehmomentgleichung	137
10.23	RL-Hochpaß und CR-Hochpaß	117	14.2	Spannungsgleichung	137
10.24	CL-Hochpaß	117	14.3	Wicklungstemperatur und Widerstand	138
10.25	Addition von sinusförmigen Wechselgrößen mit Phasenverschiebung	118	14.4	Umwickeln für andere Spannung	138
<b>11</b>	<b>Drehstromtechnik</b>	119	14.5	Synchronmotoren und Synchrongeneratoren	139
11.1	Spannungen und Ströme bei Dreieckschaltung	119	14.6	Asynchronmotoren und Asynchrongeneratoren	140
11.2	Spannungen und Ströme bei Sternschaltung mit Neutralleiteranschluss	120	14.7	Fremderreger Gleichstrommotor und Gleichstrom-Nebenschlussmotor	142
11.3	Spannungen und Ströme bei Sternschaltung ohne Neutralleiteranschluss	121	14.8	Gleichstrom-Reihenschlussmotor	144
11.4	Leistungen	122	14.9	Gleichstrom-Doppelschlussmotor	145
11.5	Blindleistungskompensation	123	14.10	Gleichstrom-Nebenschlussgenerator	146
<b>12</b>	<b>Meßtechnik</b>	125	14.11	Asynchroner Frequenzumformer	147
12.1	Messen mit Mehrbereichs-Meßgeräten	125	14.12	Synchroner Frequenzumformer	148
12.2	Anzeigefehler	125	<b>15</b>	<b>Licht- und Beleuchtungstechnik</b>	149
12.3	Kennwiderstand und Eigenverbrauch	125	15.1	Lichtgeschwindigkeit und Wellenlänge	149
12.4	Meßbereichserweiterung von Spannungsmessern	126	15.2	Lichtstärke und Lichtstrom	149
12.5	Meßbereichserweiterung von Strommessern	126	15.3	Lichtstärkeverteilungskurve	150
12.6	Widerstandsbestimmung durch Spannungs- und Strommessung	127	15.4	Reflexions-, Absorptions- und Transmissionsgrad	150
12.7	Widerstandsbestimmung mit Wheatstone-Meßbrücke	127	15.5	Beleuchtungswirkungsgrad	151
12.8	Induktivitätsbestimmung durch Spannungs- und Strommessung	128	15.6	Lichtausbeute	151
12.9	Kapazitätsbestimmung durch Spannungs- und Strommessung	128	15.7	Beleuchtungsstärke	152
12.10	Meßwandler	129	15.8	Leuchtdichte	152
12.11	Messungen mit dem Oszilloskop	130	15.9	Lichtmenge	153
			15.10	Belichtung	153
			15.11	Strahlungsleistung und Lichtgleichwert	153
			15.12	Berechnung von Innenraum-Beleuchtungsanlagen nach dem Wirkungsgradverfahren	154

15.13	Berechnung von Innenraum-Beleuchtungsanlagen nach der Wattregel .....	154	<b>19</b>	<b>Elektronik</b> .....	177
15.14	Berechnung von Außenbeleuchtungen nach dem Wirkungsgradverfahren .....	155	19.1	Kühlung von Halbleiterbauelementen .....	177
15.15	Berechnung von Außenbeleuchtungen nach dem Lichtpunktverfahren .....	155	19.2	Kennwerte von Halbleiterdioden .....	178
<b>16</b>	<b>Bemessung von elektrischen Leitungen</b> .....	157	19.3	Kennwerte von Thyristor und Triac .....	178
16.1	Unverzweigte Gleichstromleitung und Einphasen-Wechselstromleitung mit reiner Wirklast .....	157	19.4	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen .....	179
16.2	Unverzweigte Einphasen-Wechselstromleitung mit Wirk- und Blindlast .....	158	19.5	Zweipaarhalbgesteuerte und einpolig gesteuerte Zweipuls-Brücken-Schaltung .....	182
16.3	Unverzweigte Drehstromleitung mit symmetrischer Wirk- und Blindlast .....	159	19.6	Hallgenerator .....	183
16.4	Verzweigte Gleichstromleitung und Einphasen-Wechselstromleitung mit reiner Wirklast .....	160	19.7	Kennwerte von bipolaren Transistoren .....	184
16.5	Verzweigte Einphasen-Wechselstromleitung mit Wirk- und Blindlast .....	161	19.8	Arbeitspunktstabilisierung beim bipolaren Transistor .....	186
16.6	Verzweigte Drehstromleitung mit symmetrischer Wirk- und Blindlast .....	162	19.9	Verstärkerschaltungen mit bipolaren Transistoren .....	188
16.7	Ringleitung .....	163	19.10	Kennwerte von Feldeffekttransistoren .....	190
<b>17</b>	<b>Schutzmaßnahmen vor gefährlichen Körperströmen</b> .....	165	19.11	Verstärkerschaltungen mit Feldeffekttransistoren .....	191
17.1	Berührungsspannung und Körperstromstärke .....	165	19.12	Kennwerte von stabilisierten Netzgeräten .....	193
17.2	Fehlertspannungs-Schutzeinrichtung .....	165	19.13	Spannungsstabilisierung mit Begrenzerdiode .....	194
17.3	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung .....	166	19.14	Spannungsstabilisierung mit Längstransistor .....	195
17.4	Schutzmaßnahmen im TN-System .....	167	19.15	Kennwerte von Operationsverstärkern .....	196
17.5	Schutzmaßnahmen im TT-System .....	168	19.16	Schaltungen mit Operationsverstärkern .....	197
17.6	Schutzmaßnahmen im IT-System .....	169	19.17	Bezeichnung von Impulszeiten .....	200
17.7	Schutz durch nichtleitende Räume .....	169	19.18	Transistor als elektronischer Schalter .....	201
<b>18</b>	<b>Signalübertragung</b> .....	171	19.19	Astabile Kippschaltung mit Transistoren .....	202
18.1	Dämpfungsfaktor und Übertragungsfaktor .....	171	19.20	Astabile Kippschaltung mit Operationsverstärker .....	203
18.2	Dämpfungsmaß .....	171	19.21	Monostabile Kippschaltung mit Transistoren .....	204
18.3	Verstärkungsfaktor und Verstärkungsmaß .....	172	19.22	Monostabile Kippschaltung mit Operationsverstärker .....	205
18.4	Pegel .....	173	19.23	Schmitt-Trigger mit Operationsverstärker .....	206
18.5	Wellenwiderstand und Ausbreitungsgeschwindigkeit .....	174	<b>20</b>	<b>Digitaltechnik</b> .....	207
18.6	Mechanische Beanspruchung von Antennenanlagen .....	175	20.1	Zahlensysteme .....	207
			20.2	Binär codierte Dezimalzahlen .....	208
			20.3	Dezimalzahlen-Dualzahlen-Umwandlungen .....	209
			20.4	Rechnen mit Dualzahlen .....	210
			20.5	Regeln der Schaltalgebra .....	211
			20.6	Gesetze der Schaltalgebra .....	212
			20.7	Logische Verknüpfungsglieder .....	213
			20.8	Verwirklichung von logischen Schaltungen mit NAND-Gliedern oder NOR-Gliedern .....	215
			<b>21</b>	<b>Regelungstechnik</b> .....	217
			21.1	Kenngrößen von Regelbausteinen .....	217
			21.2	Stetige Regeleinrichtungen mit Operationsverstärkern .....	218

## Tabellen

1	Abgeleitete Einheiten des Internationalen Einheitensystems mit besonderem Namen. Nach DIN 1301 .....	221	23	Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung und Zuordnung von Überstrom-Schutzorganen für Dauerbetrieb bei 25 °C Umgebungstemperatur. Nach DIN VDE 0298-4, DIN VDE 0636 und DIN VDE 0641 .....	237
2	Wichtige physikalische Konstanten .....	222	24	Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung bei 30 °C Umgebungstemperatur. Nach DIN VDE 0298-4 .....	238
3	Mathematische Zeichen. Nach DIN 1302 .....	223	25	Strombelastbarkeit von Gummischlauchleitungen H07RN-F und A07RN-F für industrielle Anwendungen bei 30 °C Umgebungstemperatur. Nach DIN VDE 0298-4 .....	239
4	Dichten von festen Stoffen, Flüssigkeiten und Gasen .....	224	26	Korrekturfaktoren für die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung und Gummischlauchleitungen bei von 30 °C abweichenden Umgebungstemperaturen. Nach DIN VDE 0298-4 .....	240
5	Haft- und Gleitreibungszahlen (Richtwerte) .....	224	27	Strombelastbarkeit im Erdreich verlegter Kupfer- und Aluminiumkabel mit einer Bemessungsspannung von 0,6/1 kV unter Normalbedingungen. Nach DIN VDE 0276-603 .....	241
6	Fahrwiderstandszahlen (Richtwerte) .....	224	28	Strombelastbarkeit in Luft verlegter Kupfer- und Aluminiumkabel mit einer Bemessungsspannung von 0,6/1 kV unter Normalbedingungen. Nach DIN VDE 0276-603 .....	242
7	Längenausdehnungskoeffizienten von festen Stoffen zwischen 0 °C und 100 °C (Mittelwerte) .....	225	29	Schräge Normschrift, Mittelschrift. Nach DIN 6776/ISO 3098 .....	243
8	Volumenausdehnungskoeffizienten von Flüssigkeiten (Mittelwerte) .....	225	30	Senkrechte Normschrift, Mittelschrift. Nach DIN 6776/ISO 3098 .....	243
9	Spezifische Wärmekapazitäten (Mittelwerte) .....	226	31	Schräge griechische Schrift, Schriftform A. Nach DIN ISO 3098-2 .....	243
10	Schmelztemperaturen und spezifische Schmelzwärmen bei 1013 mbar (Mittelwerte) .....	226	32	Namensgeber von Einheiten physikalischer Größen .....	244
11	Siedetemperaturen und spezifische Verdampfungswärmen bei 1013 mbar (Mittelwerte) .....	226			
12	Internationale Normreihen für Fertigungswerte (Grundwerte) von Widerständen und Kapazitäten. Nach DIN IEC 63 .....	227			
13	Kennzeichnung von Widerständen und Kapazitäten. Nach DIN EN 60062 .....	228			
14	Spezifische Widerstände, Leitfähigkeiten und Temperaturbeiwerte von festen Stoffen bei 20 °C .....	229			
15	Allgemeine Tarife eines Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmens (Auszug, vereinfacht) .....	230			
16	Elektrische Durchbruchfeldstärken bei 20 °C und Verlustfaktoren von Isolierstoffen .....	231			
17	Relative Permittivitäten von festen, flüssigen und gasförmigen Isolierstoffen bei 20 °C .....	232			
18	Periodensystem der Elemente .....	233			
19	Elektrochemische Spannungsreihe .....	234			
20	Elektrochemische Äquivalente .....	234			
21	Mindestquerschnitte für Kupferleiter von Leitungen und Kabeln wegen der mechanischen Festigkeit. Nach DIN VDE 0100-520 .....	235			
22	Verlegearten von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung. Nach DIN VDE 0298-4 .....	236			

## **Kennlinien**

1	Magnetisierungskurven .....	245	6	Silizium-Dioden .....	251
2	Anzunehmende Mindestbelastung von 230/400-V-Hauptleitungen in Wohngebäuden ohne Elektroheizung .....	246	7	NPN-Silizium-Transistoren .....	252
3	Zeit-Strom-Kennlinien von Leitungsschutzschaltern für Wechselspannungen .....	247	8	Kalt- und Heißeiterwiderstände .....	254
4	Zeit-Strom-Kennlinien von D- und D0-Sicherungen der Betriebsklasse gG bzw. gL .....	249	9	Fotowiderstand und Fotoelement .....	255
5	Wärmewiderstand blanker, quadratischer und senkrecht stehender Kühlbleche .....	250	10	Fotodiode .....	256
			11	Lumineszenzdiode (LED) .....	257
			<b>Sachwortverzeichnis .....</b>		<b>259</b>